

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

YONG HOON LEE, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **METHOD FOR ADAPTIVELY  
ALLOCATING RESOURCES IN  
COMMUNICATION SYSTEM**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**REQUEST FOR PRIORITY**

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>DATE OF FILING</u>
Republic of Korea	2002-82211	21 December 2002

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: 8/17/03

  
Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor  
Los Angeles, California 90025  
Telephone: (310) 207-3800



# 대한민국 특허청

## KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0082211  
Application Number

출원년월일 : 2002년 12월 21일  
Date of Application DEC 21, 2002

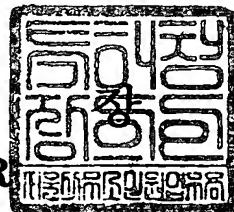
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003      년      06      월      09      일

특      허      청

COMMISSIONER





## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2002.12.21
【발명의 명칭】	통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법
【발명의 영문명칭】	Method for Adaptive Resource Allocation for Communication System
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	특허법인 신성
【대리인코드】	9-2000-100004-8
【지정된변리사】	변리사 정지원, 변리사 원석희, 변리사 박해천
【포괄위임등록번호】	2000-051975-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	임형수
【성명의 영문표기】	LIM, Hyoung Soo
【주민등록번호】	691020-1674016
【우편번호】	302-282
【주소】	대전광역시 서구 월평2동 무지개아파트 102-304
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이용훈
【성명의 영문표기】	LEE, Yong Hoon
【주민등록번호】	550712-1068328
【우편번호】	305-333
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 99번지 한빛 아파트 122-1301
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김인형
【성명의 영문표기】	KIM, In Hyoung

【주민등록번호】	731206-1030326
【우편번호】	302-737
【주소】	대전광역시 서구 둔산동 영진햇님아파트 5-301
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	유희정
【성명의 영문표기】	YU,Hee Jung
【주민등록번호】	760715-1953436
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 162-4 201호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	안재영
【성명의 영문표기】	AHN, Jae Young
【주민등록번호】	610224-1558114
【우편번호】	305-762
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 105-806
【국적】	KR
【공개형태】	간행물 발표
【공개일자】	2002.08.31
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 특허법인 신성 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	8 면 8,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	8 항 365,000 원
【합계】	402,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	201,000 원
【기술이전】	
【기술양도】	희망

【실시권 허여】

희망

【기술지도】

희망

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통 2. 공지에외적용대상(신규성상  
실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받 기 위한 증명서류\_1  
통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법과 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것에 관한 것이다. 본 발명의 부채널/시간 슬롯 할당과 변조 방식 결정을 효율적으로 분리하여 순차적으로 진행하기 위한 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법은, 사용자의 부채널/시간 슬롯에 대한 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 채널 이득을 결정하는 제 1단계; 사용자별 요구 데이터 전송 속도와 상기 평균 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 비트 수를 결정하는 제 2단계; 각 사용자에게 할당되는 부채널/시간 슬롯의 개수를 결정하여, 부채널/시간 슬롯을 할당하는 제 3단계; 및 각 부채널/시간 슬롯에 대하여 변조 방식을 결정하는 제 4단계를 포함한다.

**【대표도】**

도 3

**【색인어】**

하이브리드 OFDMA/TDMA, OFDA, 부채널, 시간 슬롯, 적응형, 자원 할당, 보결의 방법

**【명세서】****【발명의 명칭】**

통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법(Method for Adaptive Resource Allocation for Communication System)

**【도면의 간단한 설명】**

도 1a는 본 발명이 적용되는 통신 시스템의 기지국 전송단에서의 적응형 자원 할당 장치의 구조도,

도 1b는 본 발명이 적용되는 통신 시스템의 단말국 수신단에서의 적응형 자원 할당 장치의 구조도,

도 2는 본 발명이 적용되는 하이브리드 OFDMA/TDMA 시스템에서 각 사용자가 사용할 수 있는 자원의 구성도,

도 3은 본 발명에 따른 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법을 설명하기 위한 일 실시예 흐름도,

도 4a 내지 도 4b는 본 발명에 따른 각 사용자의 부채널별 채널 응답을 설명하기 위한 일 실시예 그래프,

도 5는 본 발명에 따라 부채널 할당을 수행한 결과를 설명하기 위한 일 실시예,

도 6은 본 발명에 따라 사용자별로 자신에게 할당된 채널만을 대상으로 변조 방식을 결정한 결과를 설명하기 위한 일 실시예.

\*도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

110 : 부채널 할당 및 변조 방식 결정기

120 : 적응형 변조기    130 : IFFT

140 : CP 삽입 및 D/A    150 : A/D 및 CP 제거기

160 : FFT    170 : 부채널 선택 및 적응형 복조기

**【발명의 상세한 설명】**

**【발명의 목적】**

**【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<13>        본 발명은 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법과 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것으로서, 특히 하이브리드 직교 주파수 분할 다중 접속(Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access; 이하, 간단히 'OFDMA'라 함)/시간 분할 다중 접속(Time Division Multiplexing Access; 이하, 간단히 'TDMA'라 함) 시스템의 자원 할당에 사용되는, 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법과 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것이다.

<14>        최근 영상 및 데이터 전송에 대한 중요성이 커지면서 고속 데이터 전송에 대한 필요성이 증가하고 있으나, 이를 위한 주파수 자원은 상대적으로 부족하므로 효율적인 주파수 사용이 필수적이다.

<15>        고속 데이터 전송을 위해서는 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal

Frequency Division Multiplexing; 이하, 간단히 'OFDM'이라 함) 또는 OFDMA가 적절한 것으로 널리 알려져 있는데, OFDM은 변조된 신호를 여러 개의 부채널에 나누어 보내는 방식이며, OFDMA은 OFDM에서 부채널들을 한 사용자가 아닌 여러 사용자가 나누어 사용하는 방식이다.

<16> 그러나, OFDMA 시스템의 경우에 각 사용자는 주파수만을 나누어 사용하게 되는데, 사용자 수가 증가할 경우 자원 할당의 유연성을 증가시키고 파일럿에 의한 낭비를 줄이기 위해 시간 영역에서 자원 할당을 수행하는 TDMA 방식을 함께 고려하게 된다.

<17> 본 발명에서는 이를 하이브리드 OFDMA/TDMA 시스템이라고 한다.

<18> 일반적인 OFDM 시스템의 경우 각 부채널의 채널 응답 크기에 관계없이 모든 부채널에 대해 같은 변조 방식을 사용하며, 하이브리드 OFDMA/TDMA 역시 각 사용자의 부채널별 채널 응답과 무관하게 임의의 시간 슬롯에 임의의 위치의 부채널을 할당한다.

<19> 전송단에서 각 부채널의 채널 응답을 알 경우, OFDM에는 각 부채널별로 채널 응답에 따라 다른 변조 방식을 사용하면서 적절하게 전력을 분배하여 주면 전력 이득을 얻을 수 있다.

<20> 또한, OFDMA에서는 이러한 적응형 변조 방식 결정과 함께 각 사용자의 부채널별 채널 응답을 고려하여 적절한 시간 슬롯과 부채널을 할당하여 주면 추가적인 전력 이득을 얻을 수 있다.

<21> 그러나, 하이브리드 OFDMA/TDMA를 위한 적응형 자원 할당을 위해서는 사용자별 부채널과 시간 슬롯 할당 작업과 각 부채널 및 시간 슬롯에 대한 변조 방식 결정 작업이

이루어져야 하는데, 기존 방식에 제시된 방식들은 이 두 작업을 동시에 수행하여야 하므로 복잡도가 매우 높아서 실제로 구현이 불가능한 문제점이 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<22> 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 제반 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 부채널 및 시간 슬롯 할당과 변조 방식 결정을 효율적으로 분리하여 순차적으로 진행함으로써, 간단하게 구현하는 동시에 성능 저하를 줄이기 위한 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

<23> 또한, 본 발명은 부채널 및 시간 슬롯 할당과 변조 방식 결정을 효율적으로 분리하여 순차적으로 진행함으로써, 간단하게 구현하는 동시에 성능 저하를 줄이기 위한 기능을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<24> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 부채널/시간 슬롯 할당과 변조 방식 결정을 효율적으로 분리하여 순차적으로 진행하기 위한 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법에 있어서, 사용자의 부채널/시간 슬롯에 대한 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 채널 이득을 결정하는 제 1단계; 사용자별 요구 데이터 전송 속도와 상기 평균 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 비트수를 결정하는 제 2단계; 각 사용자에게 할당되는 부채널/시간 슬롯의 개수를 결정하여, 부채널/시간 슬롯을 할당하는 제 3단계;

및 각 부채널/시간 슬롯에 대하여 변조 방식을 결정하는 제 4단계를 포함하는 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법을 제공한다.

<25> 또한, 본 발명은 부채널/시간 슬롯 할당과 변조 방식 결정을 효율적으로 분리하여 순차적으로 진행하기 위한 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법을 제공하기 위하여 마이크로프로세서를 구비한 적응형 자원 할당 장치에, 사용자의 부채널/시간 슬롯에 대한 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 채널 이득을 결정하는 제 1기능; 사용자별 요구 데이터 전송 속도와 상기 평균 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 비트 수를 결정하는 제 2기능; 각 사용자에게 할당되는 부채널/시간 슬롯의 개수를 결정하여, 부채널/시간 슬롯을 할당하는 제 3기능; 및 각 부채널/시간 슬롯에 대하여 변조 방식을 결정하는 제 4기능을 실현시키시기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공한다.

<26> 상술한 목적, 특징들 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조 번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명한다.

<27> 도 1a는 본 발명이 적용되는 통신 시스템의 기지국 전송단에서의 적응형 자원 할당 장치의 구조도이며, 도 1b는 본 발명이 적용되는 통신 시스템의 단말국 수신단에서의 적응형 자원 할당 장치의 구조도로서, k번째 단말국의 수신단을 나타낸다.

- <28> 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명이 적용되는 적응형 자원 할당 장치는, 일반적인 OFDM 또는 OFDMA 시스템과 마찬가지로 전송단에서는 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)(130)를, 수신단에서는 FFT(Fast Fourier Transform)(160)를 사용한다.
- <29> 전송단의 IFFT(130) 전과 수신단에서 FFT(160) 이후의 신호 각각을 부채널이라 하는데, 각 부채널의 신호들은 서로 간섭 없이 주파수 비선택적 페이딩으로 모델링이 가능하다.
- <30> 즉, FFT(160) 후 k번째 신호는 IFFT(130) 전의 k번째 신호에 일정 채널 이득이 곱해진 형태로만 나타나며, 이 때의 채널 이득은 각 부채널에 따라 다른 값을 갖는다.
- <31> 따라서, 전송단에서 이 채널 이득을 알 수 있다면 채널 이득이 큰 부채널에는 더 많은 데이터를, 채널 이득이 작은 부채널에는 적은 데이터를 보내는 것이 가능한데 이를 '적응형 변조 방식 결정'이라 한다.
- <32> OFDMA 시스템의 경우 부채널이나 시간 슬롯에 따라 다른 사용자의 신호를 보낼 수 있다. 고정형 자원 할당 OFDMA의 경우 채널 이득에 관계없이 전체 부채널과 전체 시간 슬롯들을 각 사용자에게 임의로 나누어주게 된다.
- <33> 그러나 채널 이득 값은 부채널에 따라 다를 뿐만 아니라 사용자별로도 다른 값을 갖는다. 즉, 어떤 부채널은 한 사용자에게는 작은 채널 이득값을 가지는 반면, 다른 사용자에게는 큰 채널 이득값을 가질 수 있으므로, 사용자별 채널 이득을 고려하여 각 사용자에게 가능한 한 좋은 채널을 할당하는 것이 전력 이득 측면에서 유리하다.
- <34> 따라서 본 발명에서는 먼저 하이브리드 OFDMA/TDMA 시스템에서의 적응형 자원 할당 문제가 OFDMA 시스템에서의 적응형 자원 할당 문제와 동일하게 나타내어짐을 보이고,

이러한 OFDMA 시스템에서 각 사용자에게 부채널을 할당하고 그 부채널들에 변조 방식을 결정하는 방법을 제안하고자 한다.

<35> 따라서, 본 발명이 적용되는 적응형 자원 할당 방식의 하이브리드 OFDMA 시스템은, 도 1a와 같이 부채널 할당 및 변조 방식 결정기(110)가 개별적으로 존재하며, 상기 부채널 할당 및 변조 방식 결정기(110)로부터의 정보를 통해 IFFT 앞단에서 적응형 변복조가 이루어지게 된다.

<36> 그리고, 결정된 정보는 별도의 제어 채널을 이용하여 수신단으로 전송되어야 하며, 수신단에서는 이 정보로부터 자신의 데이터가 속한 부채널과 타임 슬롯, 그리고 부채널 및 타임 슬롯별 변조 방식을 알아내어 복조에 사용하게 된다.

<37> 먼저, 하이브리드 OFDMA/TDMA 시스템에서의 적응형 자원 할당 문제가 OFDMA 시스템에서의 적응형 자원 할당 문제와 동일한 형태로 나타남을 도 2를 참조하여 설명하기로 한다.

<38> 도 2는 본 발명이 적용되는 하이브리드 OFDMA/TDMA 시스템에서 각 사용자가 사용할 수 있는 자원의 구성도로서, 부채널과 시간 슬롯과 관련된 자원을 예시한 것이다.

<39> 도면에 도시된 바와 같이, 시간 슬롯의 개수를  $T$ 라고 하면, 개별적으로 할당이 가능한 자원은  $NT$ 개이다.

<40> 본 발명은 이러한  $NT$ 개의 자원을, 사용자가  $K$ 명이라고 할 때 각 사용자에게 어떻게 나누어져야 하는지, 그리고  $NT$ 개의 위치에 각 사용자는 어떠한 변조 방식을 통해 얼마만큼의 전력을 가지고 데이터를 전송할 지를 결정해 줄 수 있다. 이 때 부채널과 시간

슬롯은 각각 독립적으로 분배 및 전송이 가능하므로 NT개의 부채널이 존재하는 것으로 모델링 할 수 있다.

<41> 본 발명이 적용되는 시스템은 시간 영역에서 채널이 거의 변하지 않는 경우이므로, NT개의 부채널 중 각 T개는 같은 채널 응답을 갖는 것으로 생각할 수 있다.

<42> 이와 같은 관찰을 통해 하이브리드 OFDMA/TDMA 시스템은 부채널 개수가 NT로 나타나는 OFDMA 시스템으로 가정할 수 있다.

<43> 도 3은 본 발명에 따른 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법을 설명하기 위한 일 실시예 흐름도로서, 상기 도 1a의 상기 부채널 할당 및 변조 방식 결정기(110)의 동작에 관한 것이다.

<44> 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명의 적응형 자원 할당 방법은, 먼저 사용자 수를 K, 부채널 개수를 N이라고 할 때, 모든 사용자의 부채널에 대한 채널 이득  $\alpha_{k,n}^2$  ( $k=1, \dots, K$ ;  $n=1, \dots, N$ )과 사용자별 요구 데이터 전송 속도  $R_k$  ( $k=1, \dots, K$ )를 결정한다(S301).

<45> 앞서 설명한 바와 같이, 하이브리드 OFDMA/TDMA 시스템의 경우 N은 실제 부채널의 개수와 시간 슬롯의 개수의 곱이다.

<46> 상기 채널 이득에 관한 정보는 채널 추정을 통해 얻어 질 수 있으며, 상기 사용자별 요구 데이터 전송 속도는 사용자와 기지국간에 미리 정보를 교환함으로써 얻을 수 있다.

<47> 다음으로, 부채널별 채널 이득으로부터 사용자별 평균 채널 이득을 다음의 수식 1에 의해 결정한다(S303).

&lt;48&gt;

【수학식 1】 
$$\bar{\alpha}_k^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha_{k,n}^2, \quad \text{for } k = 1, \dots, K$$

&lt;49&gt;

구해낸 평균 채널 이득과 앞서 얻은 사용자별 요구 데이터 전송 속도로부터 사용자별 부채널당 평균 비트수  $\bar{c}_k$ 를 결정한다(S305). 이 값은 다음의 수학식 2에서 제시된 변수 K+1 개를 갖는 K+1 개의 비선형 연립 방정식으로부터 구해 질 수 있는데, 이 조건식은 종래의 논문[C.Y.Wong, et al, "Multiuser OFDM with Adaptive Subcarrier, Bit, and Power Allocation," *IEEE Journal of Selected Areas on Communications*, pp. 1743 ~ 1758, 1999]에 제시된 최적 문제에 적절한 가정을 첨가하여 정리함으로서 얻을 수 있다.

&lt;50&gt;

$$\frac{\bar{c}_k f'(\bar{c}_k) - f(\bar{c}_k)}{\bar{\alpha}_k^2} = \varepsilon, \quad \text{for } k = 1, \dots, K$$

【수학식 2】

$$\sum_{k=1}^K R_k / \bar{c}_k = N$$

&lt;51&gt;

종래의 최적 문제가 부채널별 채널 이득에 따라 각 부채널에 전송되는 비트수를 계산하는데 비해, 상기 수학식 2는 채널 이득의 사용자별 평균값에 의해 전송되는 비트수의 사용자별 평균값을 결정할 수 있다. 이는 부채널 할당 문제를 비트 할당 문제와 분리하기 위함이다.

&lt;52&gt;

상기 수학식 2에서  $f(c)$ 는 c 비트를 원하는 비트 오류율을 만족시키면서 수신하기 위해 필요한 전력값이다.

- <53> 이 값은 QAM(Quadrature Amplitude Modulation), PSK(Phase Shift Keying), PAM(Pulse Amplitude Modulation)과 같은 변조 방식에 따라 각각 다른 값을 갖는다. 예를 들어, QAM의 경우 대략적으로 다음의 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.
- <54> **【수학적 식 3】** 
$$f(c) = N_o [Q^{-1}(p_e/4)]^2 (2^c - 1)/3$$
- <55> 상기 수학적 식 3에서  $N_o/2$  는 백색 가우스 잡음의 분산이며,  $p_e$ 는 원하는 비트 오류율이며,  $Q(x)$ 는 Q 함수이다.
- <56> 상기 수학적 식 3의  $f(c)$ 는 볼록 함수인데, 이는 QAM 뿐만 아니라 PSK와 PAM과 같이 보통 사용되어 지는 변조 방식의 거의 모두에 대해서도 성립한다.
- <57> 상기 수학적 식 2에서 제시된 K+1 개의 식과 변수를 갖는 비선형 연립 방정식은  $f(c)$ 가 볼록 함수일 경우 항상 해가 존재하며, 그 해는 유일하다. 따라서 상기 수학적 식 2를 만족하는  $\bar{c}_k$ 는 벡터 형태 뉴턴 방법과 같은 잘 알려진 수치 해석적 기법을 통해 구할 수 있다 (K.E.Atkinson, *Numerical Analysis*, Wiley & Sons Inc., 1998.).
- <58> 이와 같은 과정을 통해  $\bar{c}_k$ 를 얻고 나면 다음의 수학적 식 4를 통해 각 사용자에게 할당될 부채널의 개수를 결정할 수 있다(S307). 즉, 평균적으로 하나의 부채널에 전송되는 비트를  $\bar{c}_k$ 이라 하면 한 사용자에 대한 전체 비트 수가  $R_k$ 이므로, 사용자별 할당 부채널수는 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.
- <59> **【수학적 식 4】** 
$$n_k = R_k / \bar{c}_k, \quad \text{for } k = 1, \dots, K$$

<60> 상기 수학적식 2를 통해 구한 사용자별 평균 전송 비트수와, 상기 수학적식 4를 통해 구한 사용자별 할당 부채널수를 상기 논문에 제시된 최적화 문제에 대입하면, 다음의 수학적식 5와 같은 간략화된 최적화 문제를 구할 수 있다.

<61>

$$\text{Minimize } P_T = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N r_{k,n} \cdot \rho_{k,n}$$

$$\text{Subject to } \sum_{n=1}^N \rho_{k,n} = n_k, \text{ for all } k$$

$$\sum_{k=1}^K \rho_{k,n} = 1, \text{ for all } n$$

【수학적식 5】

<62>  $\rho_{k,n}$ 이 상기 수학적식 5에서 얻고자 하는 이진 변수값인데, 이는 k번째 사용자가 n번째 부채널을 사용할지의 여부를 나타내는 값으로서, 이 값이 1이면 사용하는 것을 의미하며 0일 경우 사용하지 않는 것이 된다.

<63> 즉, 상기 수학적식 5의 최적화 문제를 푸는 것이 곧 부채널을 할당하는 것이라 할 수 있다(S311).

<64> 상기 수학적식 5에서 상수  $r_{k,n}$ 은 k번째 사용자가 n번째 부채널을 사용하였을 때의 소요되는 경비인데, 앞서 계산한 값들을 이용해 다음의 수학적식 6과 같이 나타낼 수 있다

<65>

$$\text{【수학적식 6】 } r_{k,n} = f(\bar{c}_k) / \alpha_{k,n}^2, \text{ for } k = 1, \dots, K \text{ and } n = 1, \dots, N$$

<66> 상기 수학적식 5는 이진 변수  $\rho_{k,n}$ 로 인해 기본적으로 정수형 최적화 문제이다. 정수형 최적화 문제의 최적해를 구하기 위해서는 상당히 복잡한 계산을 필요로 하는데 상

기 수학적 5는  $\rho_{k,n}$ 의 정수 조건을 제거하고 문제를 풀어도 정수형  $\rho_{k,n}$ 를 얻을 수 있는 특수한 형태의 문제이다.

<67> 따라서, 최적해를 좀 더 간단한 방법(Simplex Method)을 이용하여 구할 수 있으나 이 역시 실시간 구현에는 문제가 있다.

<68> 복잡도를 좀 더 간단히 하고자 상기 수학적 5의 최적화 문제를 살펴보면, 선형 최적화 문제의 특수한 형태인 수송 문제로 볼 수 있다. 이 경우, N개의 부채널을 공급지로 K명의 사용자를 수요지로 볼 수 있다. 또한 두 번째 제약식에 의해 모든 공급지는 한 개의 상품만을 공급하도록 제약되며, 첫 번째 제약식에 의해 각 수요지는  $n_k$ 개의 상품을 받도록 요구된다.

<69> 따라서 이러한 수송 문제는 이미 알려진 보겔의 방법(Vogel's Method)에 의해 훨씬 간단하게 계산될 수 있으며, 얻어진 해는 최적해에 비해 미세한 성능 저하를 갖는다.

<70> 상기 Simplex Method와 보겔의 방법(Vogel's method)은 문헌 W. L. Winston, *Operations Research, Duxbury Press*, 1994에 설명되어 있다.

<71> 상기 수학적 5에 의해 일단 부채널을 각 사용자에게 할당하고 나면(S311), 각 사용자별 변조 방식을 결정한다(S313).

<72> 즉, 부채널 할당을 수행하고 나면 더 이상 하나의 부채널을 여러 사용자가 함께 사용한다는 조건을 제거될 수 있다. 따라서 사용자별로 자신에게 할당된 부채널만을 대상으로 단일 사용자 OFDM에서의 변조 방식 결정 방법을 이용하여 비트 할당을 수행할 수 있다.

- <73> 본 발명의 일실시예를 설명함에 있어, 부채널의 할당 및 변조 방식 결정에 대하여 설명하였으나, 시간 슬롯에 대하여도 동일한 방법으로 할당 및 변조 방식을 결정할 수 있음은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 자명하다 할 것이다.
- <74> 이하, 도 4 내지 도 6을 참조하여, 사용자의 수가 4명이고 부채널의 개수가 64, 시간 슬롯의 개수가 8일 때 본 발명의 실행예를 설명하고자 한다.
- <75> 도 4a 내지 도 4b는 본 발명에 따른 각 사용자의 부채널별 채널 응답을 설명하기 위한 일실시예 그래프이다.
- <76> 각 사용자의 채널은 사용자별 기지국으로부터의 거리에 따라 평균적으로 다른 값을 갖는데, 본 발명의 일실시예에서는 사용자별 부채널의 평균값이 각각 0.0025, 0.3922, 1.3452, 2.2601임을 알 수 있다. 즉, 사용자 1이 기지국에서 가장 멀리 있으며 사용자 4가 가장 가까이 있는 경우를 가정한 것이다.
- <77> 또한, 도면에 도시된 바와 같이, 채널은 한 사용자 안에서도 부채널에 따라 다른 값을 갖는다. 단, 시간 슬롯에서 대해서는 변하지 않는 일정한 값을 갖는다. 즉, 사용자 1의 첫 번째 부채널에 대한 채널 응답은 시간 슬롯 1에서 8까지 모든 슬롯에 대해 같은 값을 갖는다.
- <78> 이러한 채널에 대해 상기 수학식 1 내지 수학식 4를 이용하여 사용자별 할당된 채널 수를 계산하면 297, 83, 67, 62의 값을 갖게 된다. 여기서 전체 채널 수는 앞서 설명하였듯이 부채널의 개수와 시간 슬롯 개수의 곱으로 나타낼 수 있으며, 이는 512이다.

- <79> 사용자 1의 경우 평균적으로 낮은 채널 응답 (0.0025)을 갖기 때문에 297개의 상대적으로 많은 채널을 점유하게 되며, 사용자 4의 경우 가장 큰 평균 채널 응답 (2.2601)을 갖기 때문에 가장 적은 수 (62개)의 부채널을 점유하게 된다.
- <80> 이렇게 얻어진 사용자별 할당 부채널수를 이용하여 상기 수학식 5의 최적화 문제를 만들 수 있다.
- <81> 도 5는 본 발명에 따라 부채널 할당을 수행한 결과를 설명하기 위한 일예시도로서, 보젤의 방법에 의해 부채널을 할당한 결과이다.
- <82> 진한 부분은 그 사용자에게 할당된 채널을, 흰 부분은 할당되지 않은 채널을 의미한다. 앞서 언급한 개수의 채널들이 각 사용자별로 할당된 것을 볼 수 있다.
- <83> 도 6은 본 발명에 따라 사용자별로 자신에게 할당된 채널만을 대상으로 변조 방식을 결정한 결과를 설명하기 위한 일예시도이다.
- <84> 흰색 부분은 비트가 할당되지 않은 채널을 의미하며 나머지 부분은 진할수록 많은 비트가 할당된 채널이다. QPSK 전송은 2 비트를, 16QAM은 4비트를 전송하는 것을 의미한다.
- <85> 상기 도 5 및 상기 도 6을 비교하면, 각 사용자가 자신에게 할당된 부채널만을 대상으로 그 안에서 부채널의 크기에 따라 비트를 할당한 것을 볼 수 있다. 평균 채널 이득이 큰 사용자의 경우 적은 수의 부채널을 할당받은 대신 하나의 부채널에 많은 비트를 전송할 수 있다. 사용자 1의 경우 채널 환경이 전체적으로 열악하기 때문에 많은 수의 부채널을 점유하고 낮은 차수의 변조 방식을 대체로 사용하게 된다.

<86> 상기 도 5에 의해 어떤 사용자에게 할당된 채널이라 할지라도 채널 크기에 따른 변조 방식 결정 과정에서 한 비트도 실리지 않는 경우가 발생할 수 있다.

<87> 다음의 표 1은 사용자의 수가 4명이고 부채널의 개수가 64일 때 기존 논문에서 제시된 최적해와 본 발명에서 제시된 해 사이의 성능차이를 설명하기 위한 것이다.

<88> 【표 1】

데이터 전송 속도 (bits/OFDM symbol)	기존 논문의 최적해에 대한 요구 전력	본 발명의 부최적해에 대한 요구 전력
128	27.62dB	27.54dB
256	34.49dB	34.41dB
384	40.56dB	40.50dB

<89> 상기의 표1은 평균적인 성능 차이를 얻기 위해 1000번 시행한 결과를 평균하여 얻은 결과이다.

<90> 각 사용자별 원하는 데이터 전송 속도는 일단 같다고 가정하고, 총 데이터 전송 속도를 128 비트/OFDM 심볼부터 384 비트/OFDM 심볼까지 변화시켜 가면서 성능을 비교하였다. 이 때 128 비트/OFDM 심볼의 전송 속도는 부채널의 개수가 64이므로 적응형 변조 방식을 사용하지 않았을 때 모든 부채널에 QPSK를 사용한 경우의 전송 속도이다.

<91> 상기 표 1에서 보는 바와 같이 제한된 발명은 기존 논문에서의 최적해에 비해 대단히 간단하면서도 약 0.6~0.8 dB의 성능 저하만을 갖는다.

- <92> 따라서 본 발명은 하이브리드 OFDMA/TDMA 시스템에서 실시간 구현이 가능한 계산량을 이용하여 최적해에 비해 거의 성능 저하가 없이 적응형 부채널과 시간 슬롯 할당, 그리고 변조 방식 결정을 수행할 수 있음을 알 수 있다.
- <93> 상술한 바와 같은 본 발명의 방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체(씨디롬, 램, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크, 광자기 디스크 등)에 저장될 수 있다.
- <94> 이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되는 것이 아니다.

#### 【발명의 효과】

- <95> 상기와 같은 본 발명은, OFDM 방식으로 동작하는 데이터 통신 시스템에서 다중 접속 방식을 하이브리드 OFDMA/TDMA로 사용할 경우, 효율적으로 각 사용자별 부채널과 시간 슬롯 할당을 수행할 수 있도록 하는 효과가 있다.
- <96> 또한, 본 발명은 기존의 고정형 변조 방식을 사용하는 시스템에 비해 상당한 양의 사용 전력 이득을 얻을 수 있고, 주파수 사용 효율 또한 크게 높일 수 있도록 하는 효과가 있다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

부채널/시간 슬롯 할당과 변조 방식 결정을 효율적으로 분리하여 순차적으로 진행하기 위한 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법에 있어서,

사용자의 부채널/시간 슬롯에 대한 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 채널 이득을 결정하는 제 1단계;

사용자별 요구 데이터 전송 속도와 상기 평균 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 비트수를 결정하는 제 2단계;

각 사용자에게 할당되는 부채널/시간 슬롯의 개수를 결정하여, 부채널/시간 슬롯을 할당하는 제 3단계; 및

각 부채널/시간 슬롯에 대하여 변조 방식을 결정하는 제 4단계를 포함하는 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법.

## 【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 제 1단계의 각 사용자에게 대한 평균 채널 이득은,

하기의 수학식에 의하여 결정되는 것

을 특징으로 하는 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법.

$$\bar{\alpha}_k^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha_{k,n}^2, \quad \text{for } k = 1, \dots, K$$

(단,  $\bar{\alpha}_k^2$ 는 각 사용자에게 대한 평균 채널 이득이며,  $\alpha_{k,n}^2$ 는 각 사용자의 부채널/시간 슬롯에 대한 채널 이득임)

### 【청구항 3】

제 1항에 있어서,

상기 제 2단계의 각 사용자에게 대한 평균 비트수는,

하기의 수학식에 의하여 주어지는 k+1 개의 비선형 연립 방정식의 해인 것

을 특징으로 하는 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법.

$$\frac{\bar{c}_k f'(\bar{c}_k) - f(\bar{c}_k)}{\bar{\alpha}_k^2} = \varepsilon, \quad \text{for } k = 1, \dots, K$$

$$\sum_{k=1}^K R_k / \bar{c}_k = N$$

(단,  $\bar{c}_k$ 는 각 사용자에게 대한 평균 비트수이며,  $f(c)$ 는 c 비트를 원하는 비트 오류율을 만족시키면서 수신하기 위해 필요한 전력값임. 또한,  $R_k$ 는 각 사용자에게 대향 전체 비트수임)

### 【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 제 3단계의 부채널/시간 슬롯의 개수는,

하기의 수학식에 의하여 결정되는 것

을 특징으로 하는 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법.

$$n_k = R_k / \bar{c}_k, \quad \text{for } k = 1, \dots, K$$

(단,  $n_k$ 는 부채널/시간 슬롯의 개수임)

#### 【청구항 5】

제 1항에 있어서,

상기 제 3단계의 부채널/시간 슬롯을 할당은,

하기의 수학식에 대하여 선형 최적화 해를 구함으로써 수행되는 것

을 특징으로 하는 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법.

$$\text{Minimize } P_T = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N r_{k,n} \cdot \rho_{k,n}$$

$$\text{Subject to } \sum_{n=1}^N \rho_{k,n} = n_k, \quad \text{for all } k$$

$$\sum_{k=1}^K \rho_{k,n} = 1, \quad \text{for all } n$$

(단,  $\rho_{k,n}$ 는 k번째 사용자가 n번째 부채널을 사용할지의 여부를 나타내는 이진 변수이며,  $r_{k,n}$ 은 k번째 사용자가 n번째 부채널을 사용하였을 때의 소요되는 경비임)

## 【청구항 6】

제 5항에 있어서,

상기 경비는,

하기의 수학식에 의하여 결정되는 것

을 특징으로 하는 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법.

$$r_{k,n} = f(\bar{c}_k) / \alpha_{k,n}^2; \quad \text{for } k = 1, \dots, K \quad \text{and } n = 1, \dots, N$$

## 【청구항 7】

제 5항에 있어서,

상기 수학식의 선형 최적화 해는,

보겔의 방법을 적용하여 구하는 것

을 특징으로 하는 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법.

## 【청구항 8】

부채널/시간 슬롯 할당과 변조 방식 결정을 효율적으로 분리하여 순차적으로 진행하기 위한 통신 시스템의 적응형 자원 할당 방법을 제공하기 위하여 마이크로프로세서를 구비한 적응형 자원 할당 장치에,

사용자의 부채널/시간 슬롯에 대한 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게 대한 평균 채널 이득을 결정하는 제 1기능;

사용자별 요구 데이터 전송 속도와 상기 평균 채널 이득을 이용하여 각 사용자에게  
대한 평균 비트수를 결정하는 제 2기능;

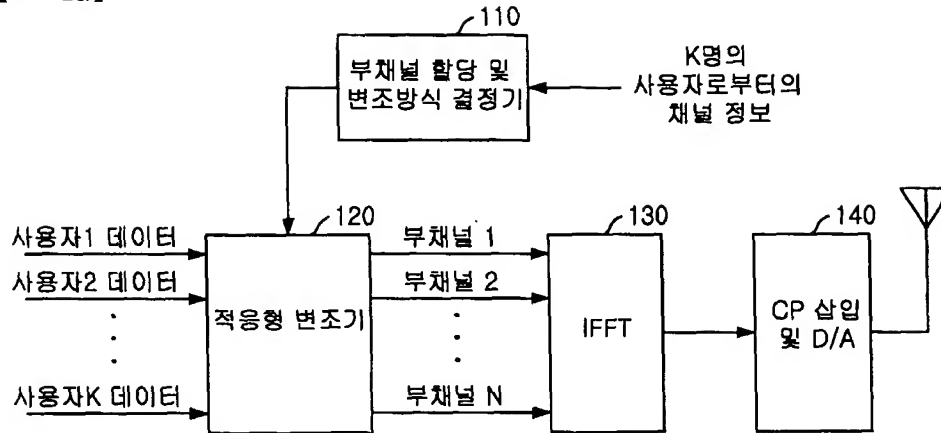
각 사용자에게 할당되는 부채널/시간 슬롯의 개수를 결정하여, 부채널/시간 슬롯을  
할당하는 제 3기능; 및

각 부채널/시간 슬롯에 대하여 변조 방식을 결정하는 제 4기능

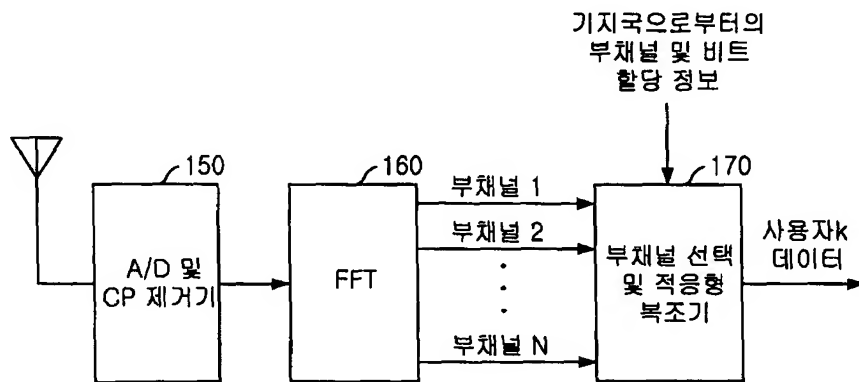
을 실현시키시기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

【도면】

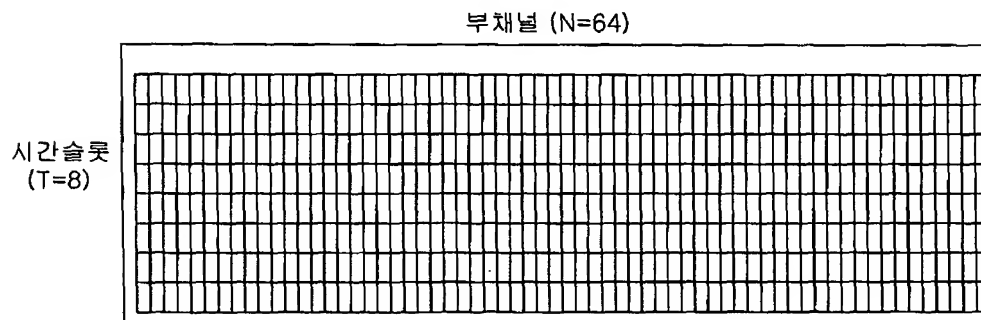
【도 1a】



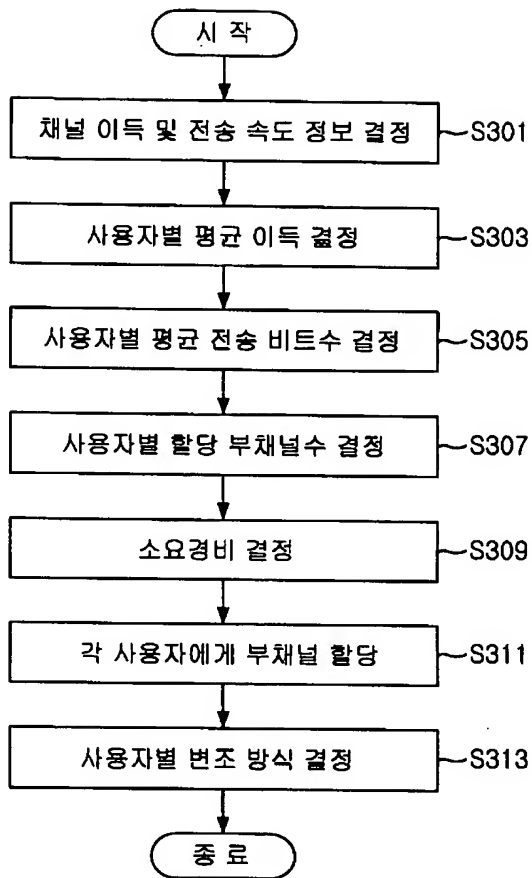
【도 1b】



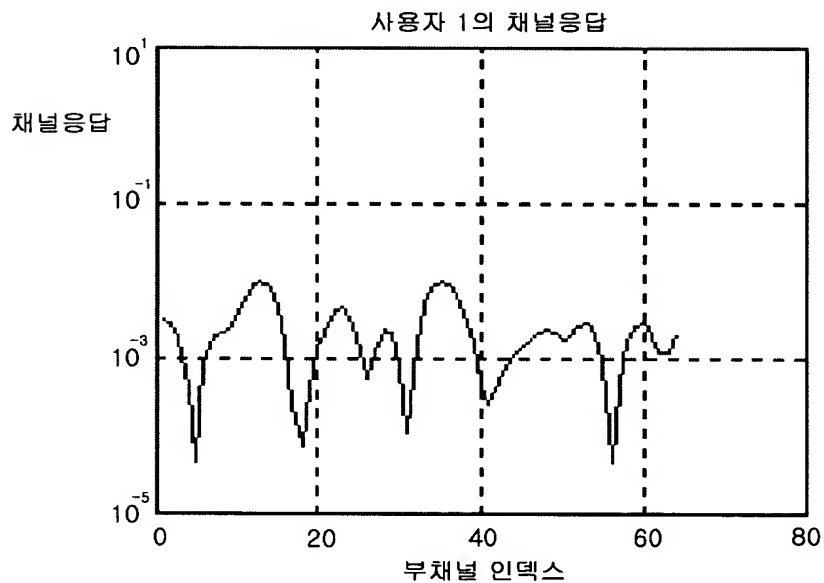
【도 2】



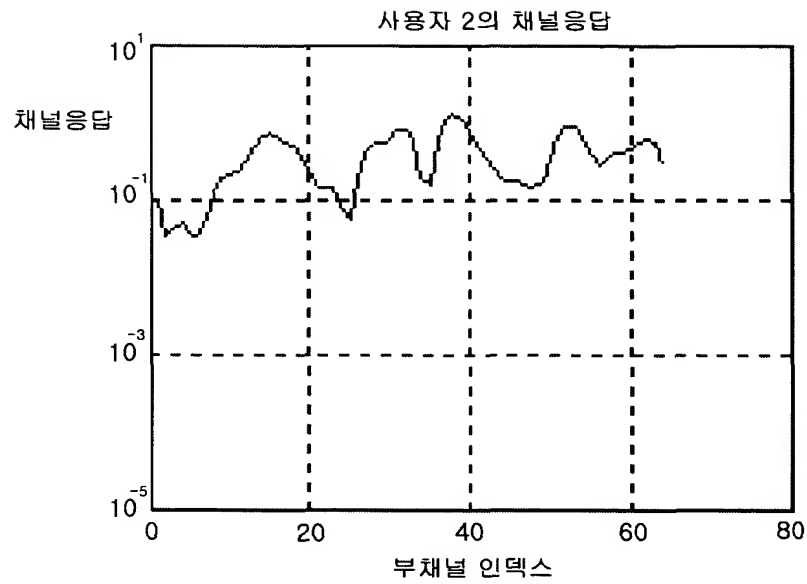
【도 3】



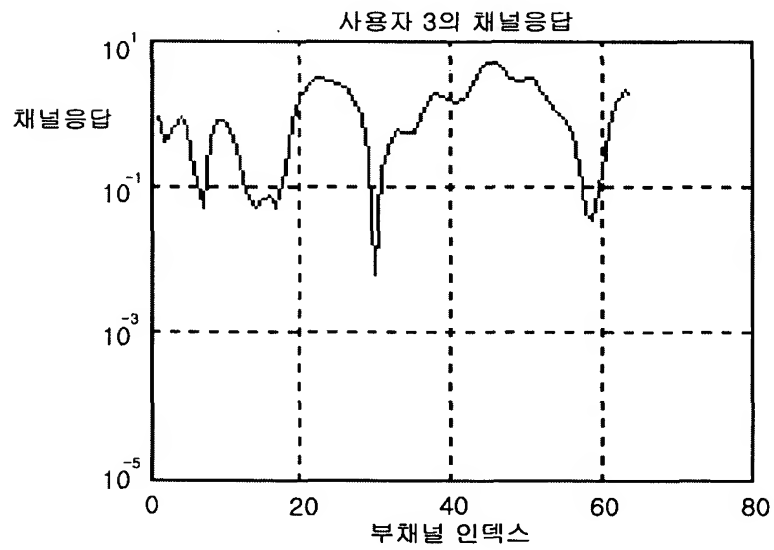
【도 4a】



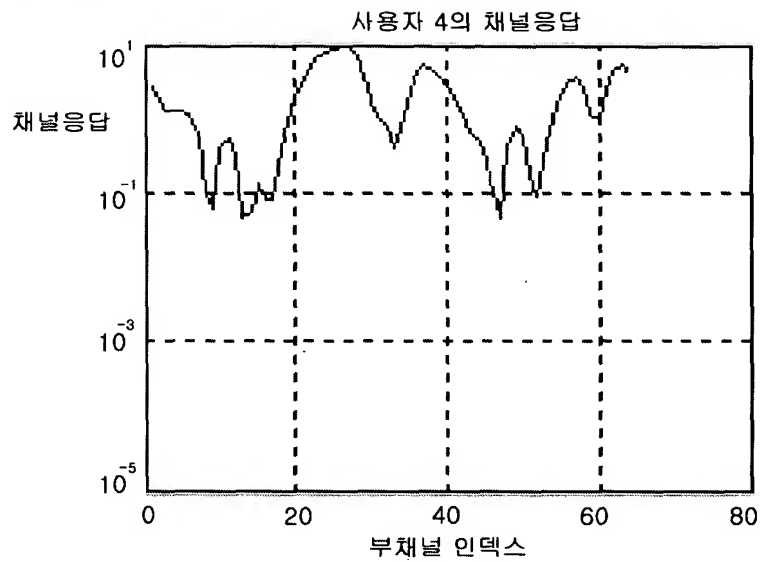
【도 4b】



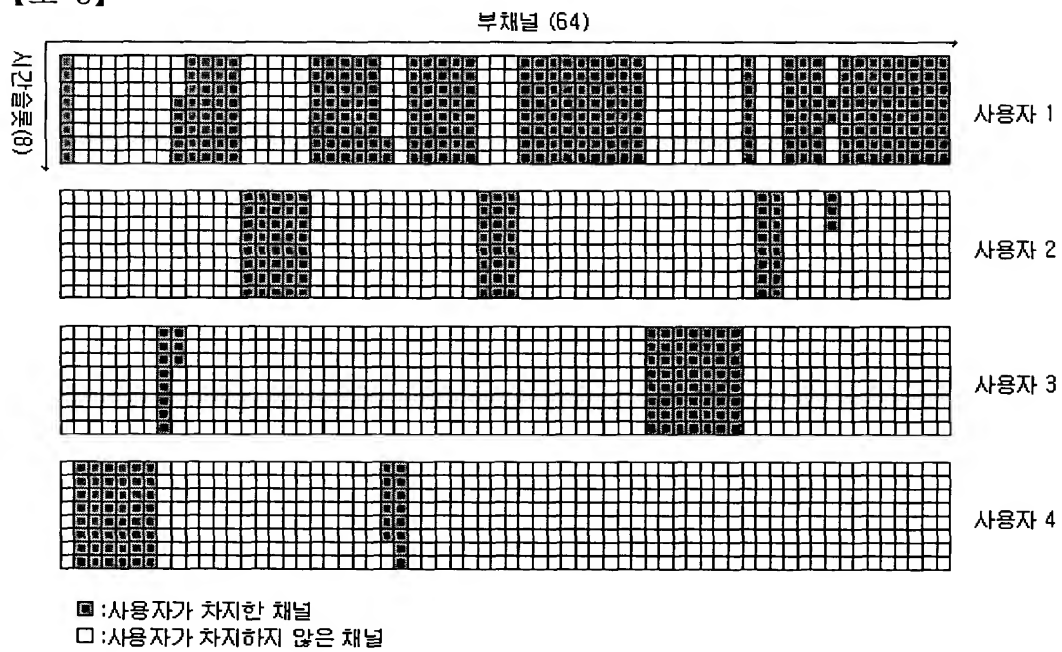
【도 4c】



【도 4d】



【도 5】



【도 6】

